

**20° FITEC – FEIRA INTERATIVA DE TECNOLOGIA E CIÊNCIA
LONDRINA – PARANÁ - BRASIL**

**AVALIAÇÃO DE FOTOBIORREATORES CASEIROS DE MICROALGAS
PARA SEQUESTRO DE CARBONO E TRATAMENTO DE CHORUME**

FEITAL, M.L.K
BRUSCHI, F.L.F

COLÉGIO INTERATIVA
3° Série E.M.
Ciências Biológicas

RESUMO:

Dia após dia, os seres humanos produzem mais lixo. Esse lixo se transforma em chorume. Os efluentes podem ser domésticos e industriais e geralmente são de forma líquida ou gasosa. Os métodos de extração desse líquido no Brasil são precários e de baixa eficiência. Isso acaba causando um ambiente com nutrição excessiva no qual o chorume é depositado em afluentes, o que causa o processo de eutrofização. Pelo fato de que o método de extração apenas elimina organismos vivos e os reagentes como fosfato, amônia e nitrito vão direto para o rio, foi pensado na habilidade das microalgas em remover materiais inorgânicos. As microalgas são organismos unicelulares fotossintetizantes, que são muito importantes para o planeta, pois são a base da cadeia alimentar aquática, elas produzem aproximadamente 80% do gás oxigênio da atmosfera e são ótimos bioindicadores, pois são sensíveis a mudanças no ambiente no qual vivem. Baseando-se em estudos e pesquisas efetuadas, o projeto busca tratar o esgoto domiciliar com microalgas para limpar mais eficientemente e reduzir a poluição em afluentes e então produzir biomassa em grande escala com o propósito de, por exemplo, produzir fertilizante. Para realizar o projeto, um fotobiorreator foi criado para manter as

culturas de microalgas estáveis. Após isto, testes foram feitos para observar o crescimento de microalgas com concentrações de 0,5 grama, 1 grama, 1,5 grama e 2 gramas por litro de NPK e foram cultivadas em erlenmeyers esterilizados e não esterilizados com concentrações de 5%, 10%, 15%, 20%, 25%, 30%, 35%, 40%, 45%, 50% e 55% de chorume, que tiveram amostras analisadas no microscópio e biomassa filtrada para análises de remoção de nutrientes. O maior crescimento em NPK ocorreu em concentração de 2 gramas por litro, a qual teve um ótimo resultado. Já nos cultivos com chorume, as microalgas obtiveram melhor crescimento nas porcentagens de 20% e 25% (nos cultivos com diluições). Para processos industriais, a porcentagem de 20% seria mais viável, já que se pouparia água. Na remoção de nutrientes, a linhagem que se destacou também foi a de 20% de chorume. Isso mostra que as microalgas têm um grande potencial para tratar efluentes e que em um refinamento do tratamento do chorume, a porcentagem de 20% seria a mais adequada.

Palavras-chave: Microalga; Chorume; CO₂; Tratamento; Fotobiorreator.

INTRODUÇÃO

As microalgas são seres vivos unicelulares fotossintetizantes que podem ser tanto procariontes quanto eucariontes. Elas transformam a matéria inorgânica em orgânica pelo processo da fotossíntese. Esses organismos se reproduzem de forma rápida e fácil, pois necessitam somente de oxigênio, água e nutrientes.

Estudos recentes têm demonstrado que estes organismos são uma solução viável e cada vez mais promissora para a remediação de problemas ambientais, processos intrinsecamente relacionados à fisiologia de microalgas. Por serem fotossintetizantes de crescimento rápido as taxas de consumo de CO₂ são bastante altas. Assim, a cultura de microalgas pode ser uma ferramenta importante para o sequestro de carbono proveniente de processos industriais ou de decomposição, permitindo tornar estes poluentes em matéria orgânica aproveitável.

Além do potencial de retirada de gás carbônico da atmosfera, as microalgas também são efetivas no tratamento de efluentes domésticos e industriais com alta capacidade de adsorver e absorver substâncias químicas nocivas aos ambientes aquáticos e regular os estoques de nutrientes. Apesar deste potencial, sistemas de cultivo de microalgas que integrem de forma simultânea as possibilidades de utilização destes microrganismos são raros.

O chorume é um líquido de coloração escura e cheiro forte. Tem em sua constituição diversos elementos, dentre eles, o chumbo, o cobre, o nitrato, o arsênio e o gás carbônico. É um composto tóxico que pode ser tratado, entretanto seu tratamento não remove todos os organismos patogênicos e nutrientes como o nitrogênio e o fósforo.

No processo de eutrofização, a quantidade de microalgas presentes em determinado ambiente aumenta de forma exorbitante. Como consequência, tanto a passagem de luz quanto a oxigenação são dificultadas, uma vez que esses micro-organismos mantêm-se na superfície. Sem oxigênio e luz, os peixes morrem, o que causa um crescimento na quantidade de seres decompositores, que por sua vez, produzem matéria inorgânica, junto com a luz do sol, as microalgas utilizam esses nutrientes para produzir matéria orgânica.

Tendo em vista o aumento crescente da concentração de CO_2 na atmosfera, resultando em processos de aumento do efeito estufa e da grande produção de resíduos líquidos em aterros sanitários, que resultam em diversos problemas ambientais causados pelo descarte incorreto desses efluentes, questionou-se sobre a possibilidade de utilizar um cultivo de microalgas para tratamento de chorume e retirada de nutrientes da água e ao mesmo tempo que ainda fosse capaz de realizar o sequestro do carbono atmosférico?

Desta forma objetivamos desenvolver um fotobiorreator que seria “alimentado com chorume” e que fosse capaz de utilizar o excesso de CO_2 atmosférico e os nutrientes presentes no chorume para a produção de biomassa. A metodologia foi dividida em quatro etapas distintas: Montagem de um fotobiorreator (para determinação do crescimento das microalgas); montagem dos sistemas fechados e acoplados com o chorume; remoção de 10 ml a cada semana para a análise dos resultados de crescimento na câmara de Neubauer; análise da retirada de nutrientes do chorume pelas microalgas.

OBJETIVO

Objetivo Geral

O objetivo do presente trabalho é produzir e avaliar a eficiência de um sistema acoplado entre um fotobiorreator acoplado a um biodigestor e a um sistema de produção de chorume, no qual ocorreria o sequestro de carbono atmosférico e a retirada de nutrientes de um efluente de forma . Produzindo biomassa de microalgas em um sistema fechado, integrado e controlado.

Objetivos Específicos

- Verificar a viabilidade da utilização de meios de cultura de baixo custo para o cultivo de microalgas;
- Avaliar o potencial de remoção de nutrientes realizada pelas microalgas;
- Determinar o crescimento das linhagens selecionadas;
- Avaliar e comparar o nível máximo de crescimento de microalgas em meio de cultura e em efluente;

PROBLEMA E JUSTIFICATIVA

Seria possível utilizar um cultivo de microalgas para tratamento de chorume e retirada de nutrientes da água e ao mesmo tempo que ainda fosse capaz de realizar o sequestro do carbono produzido pela decomposição do lixo?

MATERIAIS E MÉTODOS (ou Metodologia)

O cultivo de microalgas em chorume

Para a realização do projeto, primeiramente foi estabelecido um cultivo matriz da microalga *Chlorella vulgaris*, nesse cultivo (matriz), foram utilizados 2g de NPK (fertilizante de jardim) por litro. O cultivo foi mantido com auxílio de uma bomba para auxiliar na oxigenação e sob luz artificial.

Posteriormente, foram montados experimentos com chorume em erlenmeyers de um (1) litro. Para observar se as microalgas conseguiriam se adaptar ao novo meio e crescer, foram feitos, inicialmente, cultivos com porcentagens pequenas do efluente (5%, até 50% de diluição, com intervalos de 5%). Para montar o experimento, usou-se a quantidade de chorume equivalente a porcentagem, 200 ml do cultivo matriz (microalgas) e o restante foi preenchido com água destilada. Os experimentos foram mantidos sob luz artificial e uma bomba para auxiliar na aeração.

Para que o desenvolvimento celular dos microorganismos fosse analisado, coletas de 50 ml foram realizadas no início de cada cultivo e a cada quatro dias. Dez (10) ml foram colocados em tubo de ensaio e acrescentou-se 1 ml de formaldeído para não ocorrer nenhuma alteração. Após a decantação (48 horas), o sobrenadante foi retirado e tais amostras foram analisadas no microscópio óptico com cinco (5) microlitros, que foram colocados em uma Câmara de Neubauer, com a finalidade de comparar as curvas de crescimento dos diferentes cultivos e definir qual seria o mais parecido com o do cultivo matriz. Os resultados obtidos nas contagens foram tabulados e transformados em gráfico para melhor análise e visualização. Para se testar esses níveis dos nutrientes foram usados testes colorimétricos (foram testados os níveis de pH, de amônia tóxica e de nitrito



Figura 19: Cultivo matriz
Fonte: Autor



Figura 20: Chorume
Fonte: Autor



Figura 21: Experimento
Fonte: Autor

Acoplamento dos sistemas

Para o desenvolvimento do projeto foi inicialmente testado a eficiência de um fotobiorreator com utilização de galões de água azul vencidos. Para tal foi cultivada a alga *Chorella vulgaris* proveniente de cepas obtidas no cultivo do próprio Colégio. As algas foram cultivadas em meio com aeração e nutriente químico NPK (5:13:5). Foram analisados os crescimentos em biomassa e em número de microalgas durante todo o período experimental.

Após este processo foi produzido, também com galões de água vencidos, um biodigestor caseiro. Neste sistema foi colocado lixo orgânico para sua posterior decomposição. Neste biodigestor foi acoplado um fotobiorreator produzido nos mesmos moldes do equipamento original. Os dois sistemas ficaram ligados por uma mangueira que levava o gás produzido na decomposição para o cultivo de microalgas.

Deste sistema foram coletadas amostras de 10 ml de microalgas semanalmente e colocadas para decantação durante 48 horas. Ao final do processo, o sobrenadante (9 ml) era retirado e a fração restante era analisada em câmara de Neubauer para contagem do número de células. Um sistema acoplado entre o biodigestor, responsável pelo fornecimento de CO₂, que seria alimentado diretamente com chorume, que forneceria os nutrientes foi montado e seus resultados estão sendo analisados. Os dados foram analisados e os gráficos de crescimento foram elaborados com auxílio do Microsoft Excel.

INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS

A *Chlorella vulgaris* demonstrou-se de fácil cultivo e o maior crescimento em meio de cultura matriz foi obtido com uma concentração de 2g/L, porém, seu crescimento se limitou a duas (2) semanas, provavelmente devido a competição por nutrientes ou espaço. O mesmo ocorreu nos cultivos com chorume nas concentrações de 20%, 25% e 30% de efluente. O cultivo de 25% foi o que apresentou mais semelhança ao crescimento micro-orgânico do cultivo matriz. Comparando os cultivos de 20% com o de 30% e 10% com o de 35%, nota-se uma semelhança no desenvolvimento das microalgas.

Com base nas análises feitas no microscópio óptico, observou-se picos de crescimento nos primeiros sete (7) dias das concentrações de 30 e 35% de chorume e, em ambos os casos, o crescimento foi maior que no cultivo matriz. A *Chlorella vulgaris* aproveitou os nutrientes presentes no chorume, porém em algumas concentrações, esse processo foi mais lento- o cultivo de 40% e 45% de chorume, por exemplo- porém ele atingiu a mesma coloração dos outros cultivos. No experimento com 40% de efluente (que foi diluído a cada semana), o crescimento das microalgas foi impedido, já que os microorganismos necessitam de ao menos duas semanas para se adaptar ao ambiente e se desenvolver.

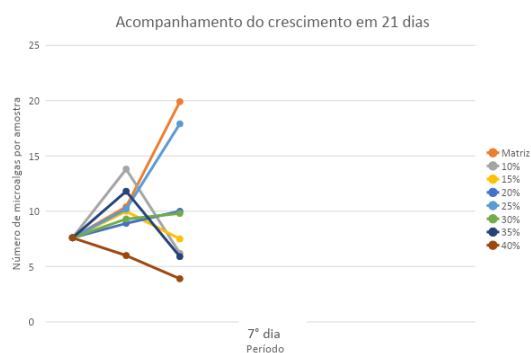


Figura 28: Gráfico crescimento das microalgas em 21 dias
Fonte: Autor

Nos cultivos com 20% e 30% em erlenmeyers de três (3) litros, inicialmente, as microalgas tiveram uma queda no crescimento, contudo, em torno do terceiro no cultivo de 20% e quarto dia no cultivo de 30% houve um pico no seu crescimento. Depois de uma semana do início dos experimentos, os microrganismos tiveram novamente uma queda no desenvolvimento, isso foi ocasionado pela competição, que pode ser devida à falta de espaço ou falta de nutrientes. Após a morte da maioria das microalgas, a sua decomposição trouxe nutrientes e mais espaço para os organismos restantes se desenvolverem, por isso, há um crescimento das células ao fim da segunda semana.

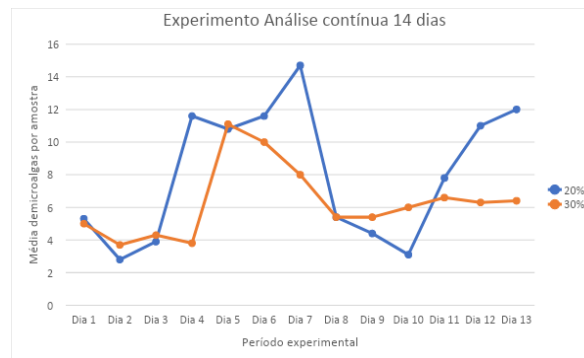


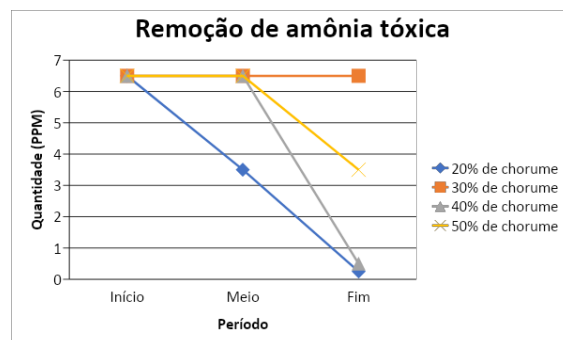
Figura 29: Gráfico crescimento das microalgas em 14 dias

Fonte: Autor

5.1 Resultados de remoção de nutrientes

Os testes colorimétricos mostraram que as microalgas obtiveram melhor desenvolvimento na remoção de nutrientes no cultivo com 20% de chorume.

Na remoção de amônia tóxica, os cultivos com 20% e 40% de chorume foram mais eficientes que as culturas com 30% e 50% de chorume, uma vez que eles removeram quase toda amônia tóxica presente no chorume, enquanto o cultivo com 30% não removeu quase nada e o cultivo com 50% removeu apenas metade da quantidade de



amônia.

Na remoção de nitrito, o cultivo com 20% de chorume foi o que obteve melhor desempenho, já que removeu toda a concentração desse nutriente. O cultivo com 30% de chorume removeu quase todo o nitrito e as culturas com 40% e 50% removeram apenas 1 PPM.

Figura 33: Gráfico remoção de amônia tóxica

Fonte: Autor

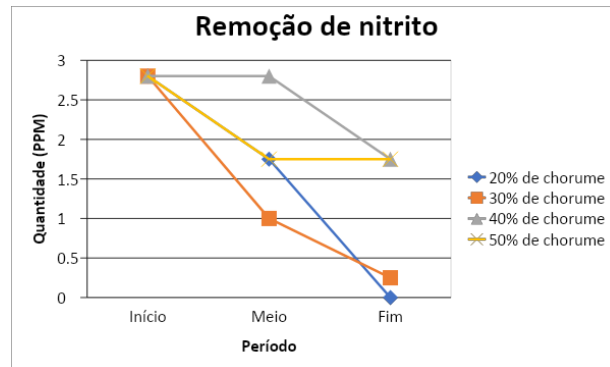


Figura 34: Gráfico remoção de nitrogênio
Fonte: Autor

Por fim, na remoção de fósforo, as culturas se comportaram da mesma maneira: todas começaram com 0,25 PPM e terminaram com 0,1 PPM de fósforo.

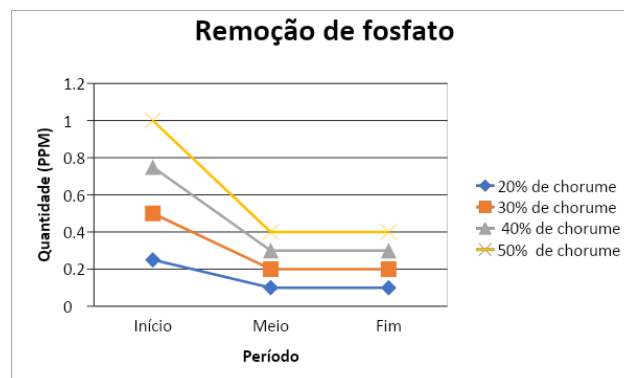


Figura 35: Gráfico remoção de fósforo
Fonte: Autor

Fotobiorreator acoplado a um biodigestor

Nos resultados obtidos com o sistema acoplado foi obtido um crescimento positivo das microalgas até a quarta semana de cultivo. Após este período o número de organismos sofreu um decréscimo, conforme demonstra o gráfico 2. Talvez devido a diminuição da produção do gás no biodigestor, fator este que pode não ser um problema em ambientes de aterros que produzem gás constantemente.

Aplicação efetiva da queima da celulose nas microalgas

A tabela 2 demonstra o crescimento das microalgas durante o período experimental no sistema acoplado à queima de celulose.

Tabela 2 - crescimento de microalgas em cultivo

com incremento de CO₂

	Teste 1	Teste 2	média final
t0			0
Semana 1	41,67	104,67	73,17
Semana 2	174,67	107,33	141,00
Semana 3	292,45	294,67	294,67

Os resultados demonstram um crescimento mais expressivo do que o sistema ligado ao biodigestor. Enquanto no sistema inicial após 4 semanas a média de organismos encontrado foi em torno de 70 microalgas em 5 µl, Neste sistema as algas chegaram a apresentar uma média superior a 300 organismos em 5 µl no mesmo período de exposição aos gases. Conforme pode ser observado no gráfico 3.

Estes números demonstram ainda um crescimento que chega a quase o dobro do obtido no fotobiorreator com fonte de CO₂ proveniente do fermento, ficando evidente o alto potencial destes organismos para a retirada de poluentes da atmosfera.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

1 Conclui-se, portanto, que o sistema se mostra eficiente, de baixo custo e que pode ser eficiente no aproveitamento de gases produzidos em sistemas de aterros sanitários e da queima de celulose por indústrias. Novos testes estão sendo desenvolvidos para potencializar o processo de crescimento das algas e para evitar o decréscimo de seu crescimento após algumas semanas.

2 Em síntese, concluiu-se que a microalga *Chlorella vulgaris* manifestou fácil cultivo em chorume, portanto, se apresenta como uma alternativa para o tratamento desse efluente. O cultivo sem diluições que apresentou crescimento microrgânico mais semelhante ao do cultivo matriz foi o de 20%, já o com diluições foi o de 25% de chorume. Além disso, em

cultivos de porcentagens menores (20%, 25% e 30%), os microorganismos apresentaram crescimento maior e mais rápido, já nos cultivos com uma porcentagem mais alta de chorume (40%, 50%, 55%), as microalgas precisaram de ao menos duas semanas para estabilizar-se e se habituar às novas condições. As diferentes demandas de tempo para crescimento das microalgas nas diversas concentrações de chorume e a economia de água demonstram que para processos industriais, o mais viável seria utilizar 20% de chorume. Ademais, após uma queda no crescimento celular das microalgas pode-se apenas adicionar mais efluente ao sistema de tratamento, mantendo o crescimento das microalgas e acelerando o tratamento do chorume.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANÔNIMO. Poluição por nitrogênio é ameaça à saúde ainda pouco conhecida. Disponível em: <www.oglobo.globo.com>. Acesso em 09 jun. 2018.

ARAÚJO, Francisca P.; PAZ, Gilvan M, OLIVEIRA; Yáscara L., et al. Estudo da Viabilidade de Microalgas para Produção de Biodiesel. Disponível em: <<http://prop.i.ifto.edu.br>>. Acesso em: 20 abr (2017).

BONINI, Monica de Albuquerque et al. Cultivo heterotrófico de *Aphanothece microscopica* Nägeli e *Chlorella vulgaris* em diferentes fontes de carbono e em vinhaça. 2012.

DERNER, Roberto Bianchini et al. Microalgae, products and applications. *Ciência Rural*, v. 36, n. 6, p. 1959-1967, 2006.

FAGGIÃO, Flávia C.; ORSI, Nayara M. Identificação de organismos bioindicadores do litoral paranaense por meio da análise correlativa de fatores bióticos e abióticos (fase II) – uma ferramenta para análise de qualidade ambiental. Monografia. Londrina, Paraná. 2013.

HOEK, C. van den.; MANN, D.G.; JAHNS, H.M. Algae: an introduction to Phycology. Cambridge University Press, Cambridge. 1995. 623 p.

I. Rawat; R. Ranjith Kumar; T. Mutanda, F.Bux. Dual role of microalgae: Phycoremediation of domestic wastewater and biomass production for sustainable biofuels production. Applied Energy, v.88, n.10 p. 3441-3424, oct. 2011.

KLEIN, Claudia; AGNE, Sandra Aparecida Antonini. FÓSFORO: DE NUTRIENTE À POLUENTE! Rev. Elet. em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental, Passo Fundo v. 8, n. 8, p. 1713-1721, set.- dez., 2012.

LOPES, Maria Graciete Carramate. Algas (2): Características gerais, classificação e reprodução. Disponível em: <https://www.educacao.uol.com.br>. Acesso em: 12 out. 2018

MANO, Eloisa Bisassoto; PACHECO, Élen Beatriz A. V.; BONELLI, Cláudia Maria Chagas. Meio Ambiente, Poluição e reciclagem. São Paulo: Blucher, 2010.

MARTINS, Claudia Rocha; PEREIRA, Pedro Afonso de Paula; LOPES, Wilson Araújo; ANDRADE, Jailson B. Ciclos Globais de Carbono, Nitrogênio e Enxofre: a importância da química na atmosfera. Disponível em: <webeduc.mec.gov.br>. Acesso em 09 jun. 2018.

MATA, Teresa M.; MARTINS, António A.; CAETANO, Nidia S. Microalgae for biodiesel production and other applications: A review. Renewable and Sustainable Energy Reviews, Porto, v.14, n. 1, p. 217-232, jan. 2010.

MORAIS, Josmaria. Estudo da potencialidade de processos oxidativos avançados, isolados e integrados com processos biológicos tradicionais, para tratamento de chorume de aterro sanitário. Disponível em: <acervodigital.ufpr.br.> Acesso em: 25 mai. 2018.

N. Abdel-Raouf; A.A. Al-Homaidan; I. B. M. Ibraheem. Microalgae and waste water treatment. Saudi Journal of Biological Sciences, Riade, v. 19, n. 3, p-257-275, jul. 2012.

RAMOS, Sonia. Iara. Portalupi. Sistematização Técnico-organizacional de Programas de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos Urbanos em Municípios do Estado do Paraná. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambientais) - Universidade Federal do Paraná. Curitiba, Paraná. 2004.

RUSSO, David Alexandre Martins Tavares. Estudo do crescimento da microalga *Chlorella vulgaris* numa água residual tratada, sob diferentes condições de fotoperíodo e temperatura. 2011. Tese de Doutorado. Faculdade de Ciências e Tecnologia.

RUIZ- MARTINEZ, A. Microalgae cultivation in wastewater: nutrient removal from anaerobic membrane bioreactor effluent. Elsevier, Bioresource Technology, Valência, v. 126, p.247-253, dez. 2012.

SILVA, Fabiana da et al. Biorremocão de nitrogênio, fósforo e metais pesados (Fe, Mn, Cu, Zn) do efluente hiropônico, através do uso de *Chlorella vulgaris*. 2006.

SILVA, Marcos E.; AQUINO, Marisete D.; SANTOS, André B. Pós-tratamento de efluentes provenientes de reatores anaeróbios tratando esgotos sanitários por coagulantes naturais e não-naturais. Rev. Technol. Fortaleza, v. 28, n. 2, p. 178-190, dez. 2007.

SOARES, Jimmy. Desenvolvimento de meios de cultura a partir de fertilizantes agrícolas para cultivo de microalgas. Disponível em: < www.locus.ufv.br > Acesso em: 25 mai. 2018.